№ 10. Warszawa, 25 października 1933 r. Rok XI.

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W WARSZAWIE

OFICJALNY ORGAN POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO DLA SPRAW KOTŁOWYCH

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.

Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.

REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI 32, m. 12. TEL. 8-81-47.

GODZINY BIUROWE: REDAKCJI—PIĄTKI OD 18 DO 20 i ADMINISTRACJI—CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

Inż. EUGENJUSZ WOLNIEWICZ i inż. ADAM EMIL SIERZPUTOWSKI.

O NOWOCZESNYCH SPOSOBACH POMIARU TEMPERATURY.

1. Podstawy fizyczne i skala temperatur.

Podstawą pomiaru temperatury są zmiany fizyczne zachodzące w ciałach pod jej wpływem. Takiem najwcześniej do tego celu zastosowanem zjawiskiem była rozszerzalność cieplna i na niej oparto pierwsze instrumenty do pomiaru temperatury. Reprezentantem ich jest termometr rtęciowy, w którym odstęp temperatur pomiędzy topniejącym lodem i wrzącą wodą w normalnych warunkach podzielono na 100°C (względnie 80°R, względnie 180°F). Skala ta nie jest jednakże skalą absolutną, definjującą wartość temperatury w sposób bezwzględny, lecz jest zależna od fizycznych własności rozszerzającego się ciała (rtęci) a mianowicie jego spółczynnika rozszerzalności cieplnej. Skala termometru rtęciowego oparta była na założeniu, że rozszerzalność rtęci następuje ściśle proporcjonalnie do definjowanej temperatury. W rzeczywistości niema to miejsca i przebieg rozszerzalności ciała z temperaturą jest właściwy tylko dla danego ciała, a termometry z różnemi substancjami dają różne wskazania tej samej temperatury. Dotyczy to nawet najdoskonalszych termometrów tego rodzaju mianowicie termometrów gazowych.

Ten błąd skali termometru rtęciowego był jeszcze większy powyżej temperatury wrzenia wody i poniżej temperatury topnienia lodu, gdyż skala tego termometru mogła powstać tylko przez ekstrapolację, i wskutek tego odchylenia od proporcjonalnego rozszerzania się z temperaturą były wogóle nieznane. Skala oparta na zjawisku rozszerzalności ciał z temperaturą nie dawała więc obrazu bezwzględnego przebiegu temperatury i nie mogła służyć do absolutnej jej definicji. Dopiero rozwój termodynamiki pozwolił uniezależnić definicję temperatury od własności fizycznych ciał i stworzyć absolutną, termodynamiczną skalę temperatury. Opiera się ona na pierwszych dwóch zasadach termodynamiki i pokrywa się ze skalą doskonałego termometru gazowego, wypełnionego gazem idealnym [1]).

Za międzynarodową skalę temperatur uważana jest skala termodynamiczna stustopniowa, w której temperaturę topnienia lodu i temperaturę pary nasyconej, obu pod ciśnieniem jednej normalnej atmosfery, są nazwane 0° i 100°. Ta skala byłaby dokładnie zrealizowana przy pomocy doskonałego termometru z gazem idealnym i może być w przybliżeniu zrealizowana przy pomocy niektórych gazów rzeczywistych. Z odchylenia własności gazów od gazu idealnego można znaleźć całkowite odchylenie skali temperatury otrzymanej przy ich pomocy od skali termodynamicznej. W obszarze od + 100° do — 260° używa się termometru wodorowego. Poniżej służy hel, którego punkt wrzenia jest — 268,8°. Powyżej 100°, ze względu na chemiczną aktywność wodoru i jego dyfuzję używa się azotu lub helu. Poprawka dla termometru gazowego przy 1000° daje się obniżyć do 0,05°. Powyżej tej temperatury jednak używanie termometru gazowego jest już bardzo utrudnione i błędy jego bardzo szybko rosną.

Gazowy termometr nie jest wygodnym instrumentem dla użytku i za wyjątkiem najbardziej sprzyjających warunków nie daje wysokiej dokładności. Rezultaty osiągnięte najlepszemi termometrami gazowemi zużytkowane zostały w formie wartości dla podstawowych punktów termometrycznych, miano-

---

[1]) por. Stefanowski. *Termodynamika techniczna.*

wicie temperatur krzepnięcia względnie wrzenia szeregu substancyj. Temperatury podstawowe poniżej punktu topnienia palladjum były określone przy pomocy termometru gazowego. Te podstawowe punkty służą do określenia praktycznej międzynarodowej skali temperatur zbliżonej do termodynamicznej w stopniu, na jaki pozwala współczesna wiedza i określonej wewnątrz pewnych obszarów przez odpowiednie do interpolacji następujące przyrządy.

1. Od punktu topnienia lodu do 660°C temperaturę znajduje się z wartości oporu R_t normalnego platynowego termometru oporowego przy pomocy równania:

$$R_t = R_0 \, (1 + A\, t + B\, t^2) \quad . \; . \; . \quad (1)$$

Stałe R_0, A i B tego równania należy określać przez wzorcowanie termometrów w punktach topnienia ludu, pary nasyconej i wrzenia siarki. Czystość i fizyczne własności platyny przytem powinny być takie, by stosunek $R\ /R_0$ był nie mniejszy od 1,390 dla t=100°C i 2,645 dla t = 444,6°C.

2. Od — 190°C do punktu topnienia lodu temperatura t jest określona przez wartość oporu normalnego platynowego termometru oporowego przy pomocy równania:

$$R_t = R_0 \, [1 + A\, t + B t^2 + C\, (t{-}100) t^3] \quad . \quad (2)$$

Stałe R_0, A i B powinny być określone jak wyżej, zaś dodatkowa stała C — przez wzorcowanie w temperaturze wrzenia tlenu. Normalny termometr dla użytku poniżej 0°C musi w dodatku posiadać stosunek R_t/R_0 mniejszy niż 0,250 dla t = —183°C.

3. Od 660°C do punktu topnienia złota temperatura t jest określona przez wartość siły elektromotorycznej e normalnego termoelementu *Pt-PtRh*, którego zimne spojenia utrzymywane są w stałej temperaturze 0°C podczas gdy gorące spojenie w temperaturze t, przy pomocy wzoru

$$e = a + b\, t + c\, t^2 \quad . \; . \; . \; . \quad (3)$$

Stałe a, b, c powinny być określone przez wzorcowanie w punktach krzepnięcia antymonu, srebra i złota.

4. Powyżej punktu topnienia złota temperatura t jest określona przez stosunek natężenia J_2 monochromatycznego widzialnego promieniowania o długości fali λ *cm*, emitowanego przez ciało czarne w temperaturze t, do natężenia J_1 promieniowania o tej samej długości fali, emitowanego przez ciało czarne w temperaturze krzepnięcia złota z wzoru następującego:

$$log_e \frac{I_2}{I_1} = \frac{C_2}{\lambda} \left[\frac{1}{1{,}336} - \frac{1}{(t+273)} \right] \quad . \quad (4)$$

Stała C_2 = 1,432 *cm.* stopień. Równanie jest ważne jeśli iloczyn $\lambda \; (t + 273) < 0{,}3$ *cm* stopień.

Wszystkie podstawowe punkty termometryczne wyżej wspomniane odnoszą się do ciśnienia jednej normalnej atmosfery czyli równego ciśnieniu wywieranemu przez słup rtęci o wysokości 760 *mm*, ciężarze właściwym 13,5951 g/cm^3, w polu grawitacyjnem o przyśpieszeniu g = 980,665 cm/sek^2 i jest równe 1,013250 dyn/cm^2.

Rozszerzalność rtęci odbiega od rozszerzalności gazów doskonałych i wyraża się wzorem Callendara i Mossa:

$$v = v_0 \, (1 + 0{,}0_3\, 180555\, t + 0{,}0_7\, 1244\, t^2 + \\ + 0{,}0_{10}\, 2539\, t^3) \quad . \; . \; . \; . \quad (5)$$

Skala termometru rtęciowego odbiega wskutek tego znacznie od skali termodynamicznej i dlatego nie przewidziano go jako instrumentu do interpolacji skali międzynarodowej. Pomiędzy 0°C a 100°C termometr rtęciowy przeważnie wskazuje zadużo. Powyżej 100°C zachowuje się różnie. Odchylenia mogą dochodzić do 1°C dla 200°C, do 5°C dla 300°C, do 12°C dla 400°C i do 24°C dla 500°C.

Opierając się na tych samych zasadach termodynamiki można wyprowadzić prawa które pozwalają mierzyć temperaturę w skali termodynamicznej nawet w takich obszarach, które są niedostępne dla termometru gazowego. Są to prawa promieniowania Stefana — Boltzmanna, Wiena i Plancka, przy pomocy których możemy nieograniczenie ekstrapolować skalę termodynamiczną.

2. **Pomiar temperatury.**

Technika pomiaru temperatury rozwinęła się już dziś tak daleko, że pozwala mierzyć temperaturę w całym obszarze jej technicznych zastosowań, przytem pozwala osiągać dokładność kilku stopni nawet przy temperaturach najwyższych. W każdym wypadku należy liczyć się z 2 rodzajami błędów: 1) błędy samych narzędzi mierniczych i 2) błędy pomiaru. Pierwszej kategorji błędy uzależnione są od doskonałości aparatów do pomiaru temperatury i z ich rozwojem stale maleją. Omówimy je przy rozpatrywaniu poszczególnych narzędzi mierniczych. Druga kategorja błędów wynika z warunków, w jakich dokonywujemy pomiaru i nasuwa znacznie więcej trudności. Najczęstszym z nich jest błąd spowodowany tem, że narzędzie miernicze zanurzone nie przyjmuje temperatury ciała otaczającego, czy to wskutek tego że wprowadzenie narzędzia mierniczego powoduje zaburzenie pola temperatury ciała mierzonego, czy też, że część ciepła zostaje odprowadzana nazewnątrz przez narzędzie miernicze drogą przewodnictwa lub promieniowania. Odprowadzanie ciepła

wzgl. promieniowanie ma zawsze miejsce i musi być przez odpowiednią konstrukcję narzędzia mierniczego, wzgl. ich założenie, szczególnie troskliwie zmniejszane, bowiem powodować może błędy sięgające 20%. Występuje to szczególnie jaskrawo przy pomiarze temperatury pary i gazów w przewodach, gdzie wymiana ciepła pomiędzy termometrem wzgl. pirometrem a ściankami przewodów jest tak duża, że pomiar wymaga stosowania specjalnych urządzeń, które omówimy szczegółowo przy rozpatrywaniu warunków prawidłowego pomiaru temperatury. Tylko przy pomiarze temperatur pirometrem optycznym te błędy nie odgrywają roli, istnieją natomiast inne błędy niemniejszej wagi, jak wpływ spółczynnika emisji różnych ciał, wpływ absorbcji gazów, dymów i inne. Jako ogólną zasadę należy wyprowadzić stąd następujące warunki: 1) przy instalowaniu urządzenia do pomiaru temperatury zdać sobie należy sprawę z rodzaju występujących błędów, 2) przez odpowiednią konstrukcję i instalację błędy pomiaru jaknajbardziej zmniejszyć i 3) wartość tych zmniejszonych, nieuniknionych błędów znaleźć i uwzględnić przy pomiarze. Warunki te rozpatrzymy w następstwie.

3. **Narzędzia do pomiaru temperatury**.

Z pośród własności fizycznych, które wyzyskujemy dla pomiaru temperatury należy wymienić następujące: 1) rozszerzalność cieplna, 2) siła elektromotoryczna powstająca w miejscu spojenia dwóch metali i zależna od jego temperatury, 3) zmiana oporu elektrycznego ciał z temperaturą, 4) energja wypromieniowywana przez ciało lub natężenie promieniowania ciała rozżarzonego w zależności od jego temperatury, 5) ilość ciepła zawarta w próbce o określonej masie i cieple właściwem, nagrzanej do temperatury mierzonej i 6) topienie próbek o różnej temperaturze topnienia. W zależności od tego rozróżniamy następujące rodzaje narzędzi do pomiaru temperatury.

1. Termometry rozszerzalnościowe (rtęciowe, grafitowe i t. p.).
2. Termoelementy.
3. Termometry oporowe.
4. Pirometry optyczne (całkowitego promieniowania, monochromatyczne i inne).
5. Termometry kalorymetryczne.
6. Stożki Segera.

Ostatnie dwa rodzaje mało są już dziś używane: kalorymetryczne — ze względu na trudności pomiaru oraz małą dokładność, stożki Segera — ze względu na małą dokładność i nieciągłość skali.

Obraz zastosowań poszczególnych narzędzi do pomiaru temperatury w przemyśle daje następująca tablica [1]).

[1]) Por. tabele str. 60, 61, 62 i 63.

4. **Wzorcowanie.**

Rozróżniamy dwa sposoby wzorcowania: pierwszo- i drugorzędne.

Metody pierwszorzędne wzorcowania polegają na pomiarze danem narzędziem mierniczym temperatur krzepnięcia wzgl. wrzenia ciał o znanym punkcie topnienia (podstawowe punkty termometryczne). Jako podstawowe punkty dla wzorcowania termo- wzgl. pirometrów ustalone zostały przez 7 Conférence Générale des Poids et Mesures (1927) następujące:

1. Temperatura wrzenia tlenu pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt tlenu) . . . . . —182,97° C

Zależność temperatury wrzenia t_p od ciśnienia p w obszarze 680÷780 *mm Hg* określona jest następująco:

$$t_p = t_{760} + 0{,}0126\,(p - 760) - 0{,}0_5 65\,(p - 760)^2 \quad (6)$$

2. Temperatura topnienia lodu pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt lodu) . . . . . 0,000°C
3. Temperatura pary nasyconej pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt pary) . . . . 100,000°C

$$t_p = t_{760} + 0{,}0367\,(p - 760) - 0{,}0_4 23\,(p - 760)^2 \quad (7)$$

4. Temperatura wrzenia siarki pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt siarki) . . . , 444,60° C

$$t_p = t_{760} + 0{,}0909\,(p - 760) - 0{,}0_4 48\,(p - 760)^2 \quad (8)$$

5. Temperatura krzepnięcia srebra pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt srebra) . . . 960,5°C
6. Temperatura krzepnięcia złota pod ciśnieniem normalnej atmosfery (punkt złota) . . . . 1063°C

W uzupełnieniu do wymienionych podstawowych punktów termometrycznych uznano za pomocnicze punkty termometryczne następujące, podane także dla ciśnienia jednej normalnej atmosfery.

7. Temperatura równowagi pomiędzy stałym a gazowym tlenkiem węgla . . . . 78,5°C

$$t_p = t_{760} + 0{,}1443\,(t_p + 273{,}2)\, log_{10}\left(\frac{p}{760}\right). \quad (9)$$

8. Temperatura zamarzania rtęci . . . . — 38,87°C
9. Temperatura przemiany siarczanu sodu . . . . + 32,38°C
10. Temperatura wrzenia naftaliny . . . . +217,96°C

$$t_p = t_{760} + 0{,}208\,(t_p + 273{,}2)\, log_{10}\left(\frac{p}{760}\right). \quad (10)$$

11. Temperatura krzepnięcia cyny . . . . 231,85°C

Załącznik I.

Zastosowanie poszczególnych narzędzi do pomiaru temperatury.

Zastosowanie	Zakres temperatur °C	Rodzaj narzędzia	Sposób instalowania	Pomiar
Woda, para	0 ÷ 450	Termometr rtęciowy „ oporowy Termoelementy: żelazo — konstantan miedź — konstantan srebro — konstantan nikiel — nikielchrom	bez ochrony	ciągły
Temperatura powierzchni	0 ÷ 700	Termoelementy: żelazo — konstantan miedź — konstantan	bez ochrony	ciągły
„	700 ÷ 1200	Termoelementy: nikiel — nikielchrom platyna — platynarod	w atm. utleniającej bez ochrony	ciągły
		żelazo — konstantan	bez ochrony w dowolnej atm.	chwilowy
		Pirometry optyczne: o znikającej nitce, Wannera, monochromatyczny autorów[1]), całkowitego promieniowania		chwilowy ciągły
„	1200 ÷ 1400	Termoelementy: platyna — platyna rod	b. dobra ochrona przed gazami i chemicznemi wpływami	ciągły
		Pirometry optyczne: o znikającej nitce, Wannera, monochromatyczny autorów[1]), całkowitego promieniowania		chwilowy ciągły
„	ponad 1400	Pirometry optyczne: o znikającej nitce, Wannera, monochromatyczny autorów[1]),		chwilowy ciągły
rzeczywista temperatura gazu	0 ÷ 1000	Termometry przepływowe z termoelementem: żelazo — konstantan nikiel — nikielchrom	bez ochrony bez ochrony w atm. utlen.	chwilowy ciągły
		żelazo — nikiel	bez ochrony	chwilowy

[1]) p. artykuł autorów w Nr. 4 „Mechanika" b. r.

Załącznik II.

Zastosowanie	Zakres temperatur °C	Rodzaj narzędzia	Sposób instalowania	Pomiar
rzeczywista temperatura gazu	1000 ÷ 1300	Termometry przepływowe z termoelementem:		
		nikiel — nikielchrom:	bez ochrony w utlen. atm.	chwilowy
		żelazo — nikiel		
		platyna — platyna rod	„	ciągły
		nikiel — nikielchrom		
		platyna — platynarod	chroniony w dowol. atm.	chwilowy
„	1300 ÷ 1600	Termometry przepływowe z termoelementem: platyna — platyna-rod lub rura dla pomiaru pirometrem optycznym o znikającej nitce lub monochromatycznym autorów[1])	chronione	chwilowy
„	ponad 1600	Termometry przepływowe z rurą do pomiaru pir. opt. o znik. nitce lub monochr. autorów	„	chwilowy
Bloki w walcowni	ponad 800	Pirometry optyczne: o znikającej nitce, Wannera, monochr. autorów		chwilowy
Strumień podgrzanego powietrza	500 ÷ 900	Termoelementy: żelazo — konstantan, żelazo — nikiel, nikiel — nikielchrom, platyna — platyna-rod	bez ochrony	ciągły
strumień gazu generatorowego	200 ÷ 1000	Termoelementy: żelazo — konstantan, żelazo — nikiel, nikiel — nikielchrom, platyna — platyna-rod	chronione	ciągły
gazy wylotowe z kotłów, pieców, podgrzewaczy powietrza i i.	100 ÷ 800	Termoelementy.		
		żelazo — konstantan	bez ochrony	ciągły
		nikiel — nikielchrom	chronione	„
		żelazo — nikiel		„
		platyna — platyna-rod		„

Zastosowanie	Zakres temperatur °C	Rodzaj narzędzia	Sposób instalowania	Pomiar
Wnętrza pieców, regeneratorówi t.p.	500 ÷ 800	Termoelementy: żelazo — konstantan nikiel — nikielchrom żelazo — nikiel	 bez ochrony chronione "	 ciągły " "
"	800 ÷ 1200	Termoelementy: żelazo — konstantan " " żelazo — nikiel nikiel — nikielchrom platyna — platyna-rod	 bez ochrony chroniony " " "	 chwilowy ciągły do 1000 °C " ciągły "
"	1200 ÷ 1400	Termoelementy: platyna — platyna-rod nikiel — nikielchrom Pirometry optyczne: o znikającej nitce, Wannera, monochr. autorów całkowitego promieniowania	 chroniony "	 ciągły chwilowo do 1350 °C chwilowy ciągły "
"	1400 ÷ 1600	Termoelementy: platyna — platyna-rod Pirometry optyczne: o znikającej nitce, i Wannera monochrom. autorów, całkowitego promieniowania	 chronione	 chwilowy " ciągły "
"	ponad 1600	Pirometry optyczne: o znikającej nitce i Wannera, monochrom. autorów, całkowo promien.		 chwilowy ciągły "
Temperatura strugi żelaza i płynnego żelaza w kadzi	1100 ÷ 1300	Termoelementy: platyna — platyna-rod pirometry optyczne: o znikającej nitce i Wannera, monochrom. autorów	 chronione	 chwilowy " ciągły
płynna stal	1300 ÷ 1600	Termoelementy: platyna — platyna-rod pirometry optyczne: o znikającej nitce i Wannera, monochrom. autorów	 chronione	 bardzo krótko chwilowy ciągły
płynny cynk, cyna, ołów	300 ÷ 800	Termoelementy: żelazo — konstantan nikiel — nikielchrom żelazo — nikiel	 chronione " "	 ciągły " "
płynna miedź, mosiądz, bronz	do 1200	Termoelementy rurowe: nikiel — nikielchrom	 bez ochrony	 chwilowy

Załącznik IV.

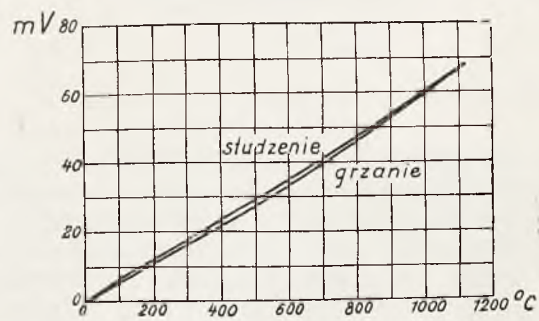
Zastosowanie	Zakres temperatur °C	Rodzaj narzędzia	Sposób instalowania	Pomiar
Płynne kąpiele solne	do 1100	Termoelementy rurowe: nikiel — nikielchrom	bez ochrony	ciągły
„	do 1300	Termoelementy: platyna — platyna — rod nikiel — nikielchrom rurowe	chronione bez ochrony	chwilowy „

12. Temperatura wrzenia benzofenonu . . . . 305,9°C

$$t_p = t_{760} + 0{,}194\,(t_p + 273{,}2)\,log_{10}\left(\frac{p}{760}\right) \quad . \quad (11)$$

13. Temperatura krzepnięcia kadmu . . . . 320,9° C
14. Temperatura krzepnięcia ołowiu . . . . 327,3° C
15. Temperatura krzepnięcia cynku . . . . 419,45°C
16. Temperatura krzepnięcia antymonu . . . . 630,5°C
17. Temperatura krzepnięcia miedzi w redukującej atmosferze 1083°C
18. Temperatura krzepnięcia palladium . . . . 1555°C
19. Temperatura topnienia tungstenu . . . . 3400°C

Metody drugorzędne polegają na wzorcowaniu danego narzędzia mierniczego przy pomocy już wywzorcowanego innego — z reguły wyższego rzędu dokładności. Warunkiem podstawowym do prawidłowego przeprowadzenia takiego wzorcowania jest, by oba instrumenty miernicze mierzyły w danej chwili tę samą temperaturę. Jest to trudne do osiągnięcia z dwóch powodów: 1) pole temperatur nigdy nie jest zupełnie jednorodne i 2) na skutek różnych bezwładności (histerezy) obu instrumentów przy zmianie temperatury jeden z nich będzie się stale opóźniał we wskazaniach. Pierwszy błąd usuwa się przez odpowiednią konstrukcję naczynia, w którym się odbywa pomiar (termostat, piec elektryczny i t. p.). Drugi błąd można usunąć w ten sposób, że ustala się temperaturę w naczyniu na pewnym poziomie i przez dłuższy czas na tym poziomie utrzymuje, aż oba instrumenty zdążą przyjąć tę temperaturę. Wymaga to jednak dłuższego czasu i stosuje się tylko przy najdokładniejszych wzorcowaniach laboratoryjnych. W praktyce natomiast stosuje się z dostatecznym wynikiem sposób oparty na tem, że wzorcowanie odbywa się w dwu kierunkach — przy wzrastaniu temperatur i przy spadku temperatur. Wzrost i spadek temperatury musi następować z jednakową szybkością (5 do 10° na minutę), wówczas w jednym kierunku narzędzie badane będzie stale wskazywać zadużo, w drugim za mało. Biorąc wartości średnie, wzgl. prowadząc na wykresie średnią krzywą pomiędzy krzywą grzania i krzywą studzenia — otrzymujemy prawdziwe wartości temperatury odpowiadające poszczególnym wskazaniom. Rys. 1 wskazuje wykres



Rys. 1. Wzorcowanie termopary żelazo-konstantan (Fe-Konst)

wzorcowania w piecu elektrycznym termopary żelazo — konstantan przy pomocy termopary normalnej platynowej.

Wzorcowanie odbywa się w specjalnie do tego celu budowanych urządzeniach wzgl. piecach, gwarantujących równomierną temperaturę ich wnętrz. Rys. 2[1]) przedstawia termostat z kąpielą wodną dla wzorcowania termometrów rtęciowych pomiędzy 0 ÷ 100° C.

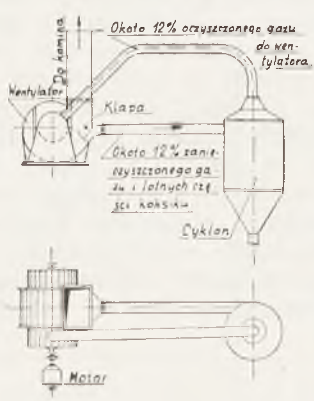
[1]) Rys. 2 ukaże się w następnym zeszycie *Techniki Cieplnej.*

(D. c. n.).

T. CZAJKOWSKI, inż. mech.

CEL I METODY OCZYSZCZANIA GAZÓW SPALINOWYCH.

Walka z dymem coraz więcej zajmuje umysły techników tak ze względów higjeny jak i ekonomji wynikającej z bezdymnego spalania. W instalacjach „moderne" typu najnowszego, mających ruszta mechaniczne i odpowiedniej pojemności komory paleniskowe, sprawa ta jest mniej ważną, gdyż paleniska takie normalnie nie dymią, a jeżeli dymią, to tylko przy silnem forsowaniu kotła. W instalacjach jednak mniejszych, o ręcznem zarzucaniu paliwa, a szczególniej w instalacjach starych, względnie typu starego, posiadających niską komorę paleniskową, sprawa ta jest bardzo aktualna, gdyż ze względu na niewielką odległość rusztu od powierzchni ogrzewalnej



Rys. 1

oraz perjodyczne wpuszczanie nad ruszt większych dawek powietrza, a więc i ochładzanie komory paleniskowej, węglowodory nie zdążają się spalać, czy to z braku powietrza, czy też niskiej temperatury paleniska i dotykając zimniejszych ścianek powierzchni ogrzewalnej — kondensują się, przylegają do takowej, względnie wypadają w postaci sadzy i tworzą dym. To samo zjawisko zachodzi w wypadku, gdy palenisko zbudowane dla węgla chudego zaczęto zasilać węglem tłustym, wymagającym większej odległości powierzchni rusztu od powierzchni ogrzewalnej, czyli t. zw. wyższej komory paleniskowej. Odległości te winny wynosić w/g Schult'ego V. D. I. Nr. 29 r. 1925 (patrz art. inż. Obrąpalskiego *Przegląd Techniczny* Nr. 31-32 1930 r.).

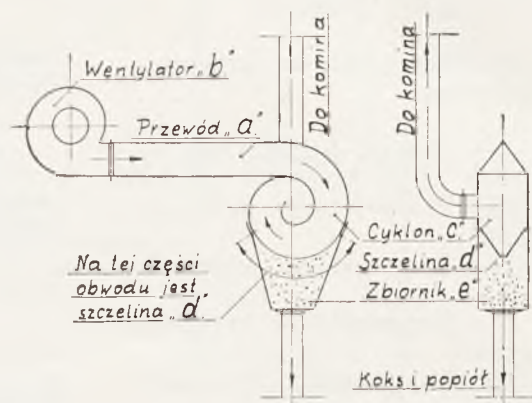
I dla węgli chudych 1,6 — 2,2 m
II „ „ tłustych 2,9 — 3,1 „
III „ „ gazowych 3,4 — 3,7 „

Na tych odległościach zachodzi spalanie części lotnych.

Jedną z przyczyn złego spalania jest również brak dostatecznej ilości powietrza w pierwszej chwili po narzuceniu paliwa.

Środki i metody oczyszczania gazów, jakie mamy do dyspozycji są różnego rodzaju. Rozróżnić należy dwie metody: suchą i mokrą.

Metodą suchą można oczyścić gazy spalinowe tylko z lotnego węgla i lotnego popiołu, natomiast nie da się usunąć z gazów sadzy. W celu wyeliminowania sadzy z gazów spalinowych, należy ulepszyć spalanie w komorze ogniowej przez:



Rys. 2

1) powiększenie pojemności komory ogniowej np. przez podwyższenie lub 2) wprowadzenie wtórnego powietrza, przyczem ilość ta dochodzi do 20% pow. wprowadzonego pod ruszt pod ciśnieniem do 150 *mm* st. wody.

Metoda sucha polega na oddzieleniu kurzu:

1) przez zmianę szybkości, przyczem gazy wprowadzane są do obszernej komory i tam przez zmniejszenie szybkości i kierunku, cząsteczki opadają na dno komory. (System grawitacyjny).

2) przez działanie siły odśrodkowej kurz zostaje wydzielony i wrzucony do blaszanego cyklonu.

Urządzenia te są jedno—i wielocyklonowe. (System odśrodkowy).

Zanieczyszczony gaz filtrują także przez płótno, warstwy piachu, koksu i t. p.

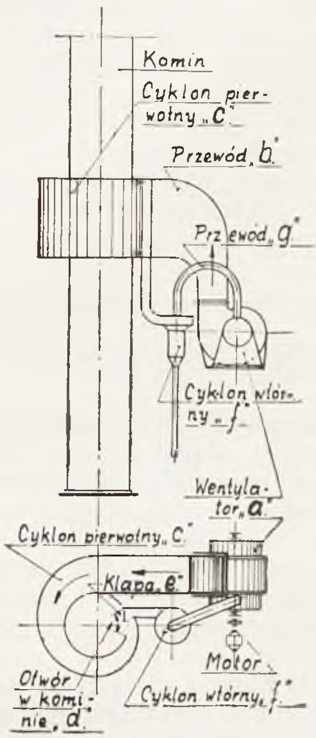
Metoda mokra obejmuje urządzenia: powierzchniowe, rozpylaczowe i kombinowane.

Przy metodzie tej gazy stykają się z powierzchniami pokrytemi cienką warstwą wody do której przywiera pył, skrapiane są rozpylonym płynem względnie płókane w wieżach.

Opis typowych urządzeń.

Oczyszczanie gazów metodą suchą.

1. Specjalny wentylator sztucznego ciągu (rys. 1), obliczony na wydajność ok. 12% większą niż wynosi rzeczywista ilość gazów spalinowych ssie wszystkie gazy z kanału dymowego i tłoczy je do komina. Siłą odśrodkową w wentylatorze zostaje wyrzucony lotny węgiel i popiół nazewnątrz do obudowy wentylatora i przedostaje się stąd przez specjalny otwór i przewód blaszany do cyklonu. Wielkość tego otworu daje się regulować. Część gazów spalinowych, wynosząca ok. 12% ilości całkowitej, dostaje się wraz z lotnym węglem i popiołem do cyklonu, gdzie jest zmuszana do ruchu obrotowego, przez co części stałe opadają na dół, gazy zaś oczyszczone zostają wessane z powrotem przez wentylator specjalnym rurociągiem.



Rys. 3

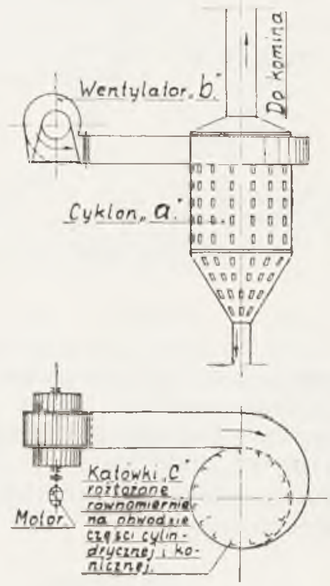
Tym sposobem można osiągnąć stopień oczyszczenia gazów spalinowych z części lotnych do max. 75%.

Opór cyklonu wynosi średnio 25 *mm* H_2O i zależy od stopnia oczyszczenia gazów. Opór własny wentylatora 7 — 15 *mm* sł. wody. Ok. 12% gazów stale krąży między wentylatorem i cyklonem.

2. Wszystkie gazy wessane przez wentylator (rys. 2) dostają się do cyklonu, gdzie przez szybki ruch obrotowy gazów lotny węgiel i popiół przedostaje się wąską szparą *d*, umieszczoną na obwodzie cyklonu do zamkniętej przestrzeni *e*, skąd następnie rurą spustową te części stałe odprowadzane są nazewnątrz. Wysokość oporów jak w wypadku 1.

3. Urządzenie (rys. 3) składa się z 1 wentylatora i 2 cyklonów, cyklonu pierwotnego *C* i wtórnego *f*.

Wentylator tłoczy gazy do cyklonu pierwotnego *C*, gdzie wprowadzone w ruch obrotowy uchodzą do komina, cząsteczki zaś stałe, rzucone siłą odśrodkową na zewnętrzny obwód cyklonu przedostają się następnie z ilością gazów 12% C do cyklonu wtórnego *f*, gdzie opadają w dół — gazy zaś wessane zostają przez wentylator i t. d. w kółko.



Rys. 4

Stopień oczyszczenia gazów przy metodzie 2 i 3 wynosi ok. 86%.

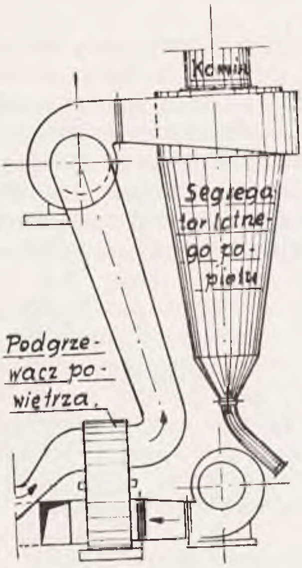
4. Wentylator (rys. 4) wtłacza gaz do cyklonu *A*; przez ruch obrotowy dostają się części lotne na obwód, na którym umieszczone są krótkie pionowe kątówki, które wstrzymują cząstki popiołu i węgla i powodują opadnięcie tychże na dno cyklonu. Stopień oczyszczenia gazów tą metodą jest nieco gorszy od 2 i 3 i wynosi ok. 75%.

Przy sposobie suchym należy wspomnieć o metodzie filtracji przez płótno. Metoda ta wymaga ochłodzenia gazów do 115° ze względów na wytrzymałość materjału, jednakże nie niżej w obawie kondensacji pary wodnej, zawartej w gazach.

5. Instalacja (rys. 5) składa się z 2-ch wentylatorów podgrzewacza i cyklonu. 1 wentylator ssie spaliny przez podgrzewacz powietrza syst. Ljungströma i tłoczy takowe do spirali separatora, gdzie przez ruch obrotowy części stałe odrzucane zostają na boki i następnie opadają na dno seperatora, gazy zaś uchodzą do komina.

2-gi wentylator zasysa świeże powietrze i tłoczy przez wspomniany wyżej podgrzewacz pod ruszt. System ten przez wprowadzenie

ogrzanego powietrza pod ruszt ulepsza spalanie, wyzyskując zaś ciepło gazów czopuchowych wpływa na polepszenie skutku użytecznego instalacji.

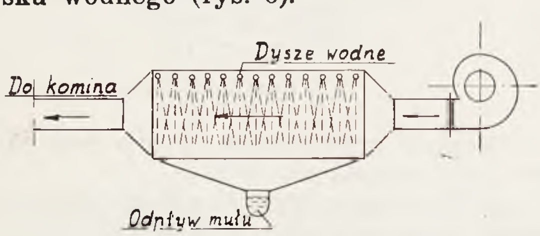


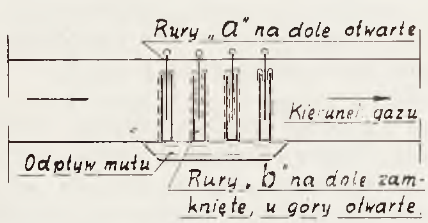
Rys. 5

Oczyszczanie gazów metodą mokrą.

Istnieje tu wiele konstrukcyj, opiszemy w krótkości tylko niektóre.

1) Oczyszczanie gazów zapomocą natrysku wodnego (rys. 6).

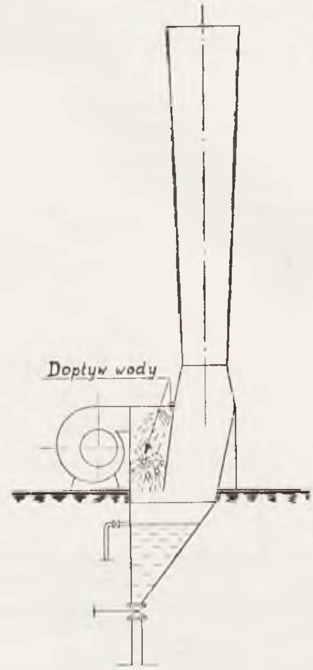




Rys. 6 i 7

Zanieczyszczony gaz zostaje wtłoczony do kanału, w którym umieszczone są natryski wodne. Szybkość gazów w tym kanale musi być stosunkowo niewielka, gdyż dla dobrego oczyszczenia gazy muszą się znajdować w kontakcie z wodą 2—3 sek. Zużycie wody przy tej metodzie jest dość znaczne i wynosi około 700 *l* na 1000 *kg* pary. Stopień oczyszczenia jest zależny od czasu kontaktu gazów z wodą i wynosi ponad 85%. Metoda ta pozwala na strącenie z gazów nietylko lotnych cząsteczek węgla i popiołu, ale także i sadzy.

Strony ujemne tej metody są następujące: wielkie zużycie wody, niemożność użycia do konstrukcji blachy żelaznej ze względów na tworzące się związki siarkowe, które nagryzają szybko blachę.



Rys. 8

2) Woda z rur *a* otwartych u dołu (rys. 7) dopływa do rur *b* zamkniętych u dołu, z których przelewa się i spływa wzdłuż powierzchni tych rur umieszczonych zygzakowato. Gazy przepływając między rurami oddają część popiołu i węgla spływającej wodzie.

Konstrukcja tańsza niż pierwsza, lecz o większem zużyciu wody, większem i silnem zanieczyszczaniu się rur sadzami, co wymaga częstego czyszczenia.

Znane są również ustroje w których w pionowych kanałach znajdują się w górnej części natryski wodne, gazy zaś wprowadzone są od dołu w kierunku do góry i zostają oczyszczone, mieszając się ze spadającą wodą.

3) Gazy unoszone przebijają się przez prysznic wodny oczyszczają się iuchodzą do komina. Działanie widać z rys. 8. Jestto t. zw. system *V. H.* wodny, Pulvo-Capteur budowany przez Société des Cheminées Louis-Prat, zużycie 0,10—0,15 *l* na m^3 gazu, opór 10—12 $mm\ H_2O$.

Pozatem znane są jeszcze mechanizmy w których ruchome płaszczyzny obracają się w kierunku pionowym lub poziomym wchodzą w kontakt z wodą i gazami, przez co gazy oddają wodzie porwane cząsteczki popiołu i sadzy, poczem części te przez ruch obrotowy płaszczyzn zostają wyrzucone nazewnątrz, względnie zmywane przez wodę.

Metoda elektryczna.

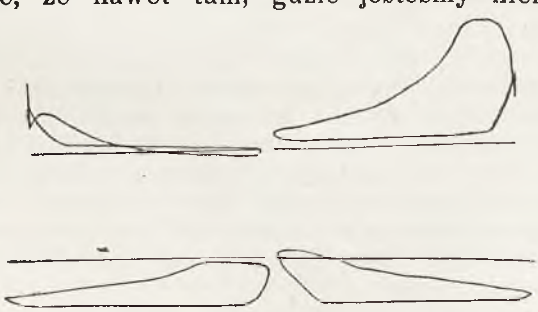
Poza sposobami mechanicznemi istnieje jeszcze sposób elektryczny Siemens'a, czyli t. zw. filtr elektryczny.

Do tego celu używany bywa prąd 50—80 *kV* (80000 *V*). Tak wysokie napięcie otrzymuje się przy pomocy transformatora; następnie prąd ten przy pomocy prostownika zmieniany zostaje w prąd stały pulsujący.

Filtr elektryczny działa w zwykłej atmosferze o normalnem ciśnieniu. Naprzeciwko elektrody rozsiewającej elektryczność znajduje się elektroda przejmująca w postaci płyty, blachy falistej lub siatki. Jednej z elektrod t. zw. promieniującej (biegun ujemny) nadaje się kształt silnego załamania, kantu lub ostrza. Z tej to elektrody, która musi być odpowiednio izolowana, elektryczność pod wysokiem napięciem promieniuje w otaczający gaz. Do cząsteczek zawieszonych w gazie przylegają jony, i w ten sposób naładowana cząsteczka znalazłszy się w polu elektrostatycznem elektrod, skierowuje się od elektrody promieniującej do wchłaniającej. Rzucona na nią traci swój ładunek elektryczny i opada sama na dół, względnie jest do tego zmuszona specjalnym przyrządem wstrząsającym. Pył lub kurz zbiera się w odpowiednich korytach pod elektrodami i stamtąd jest wybierany. Konstrukcje te są drogie i wymagają bardzo wiele miejsca. Stopień oczyszczenia gazów dobry i wynosi do 90%. Zużycie mocy wynosi 2 *kWh* na 28.000 m^3 gazu oczyszczonego.

KILKA SŁÓW O INDIKOWANIU I REGULACJI STAWIDEŁ MASZYN PAROWYCH.

O potrzebie i korzyściach indikowania maszyn parowych mówiono i pisano już tak dużo, że właściwie nic nowego powiedzieć nie można, i należałoby sądzić, że każdy właściciel maszyny parowej i każdy obsługujący ją mechanik są dostatecznie już o tem uświadomieni. Tymczasem codzienna praktyka wykazuje, że nawet tam, gdzie jesteśmy niemal pewni tego uświadomienia, spotyka się zupełną nieświadomość i dużo nieraz słów i czasu trzeba na wyjaśnienie znaczenia indikowania. Nie odgrywa tu nawet roli koszt indikowania, który jest w stosunku do remontu maszyny (czasem zbytecznego) zupełnie mały, gdyż właściciel maszyny wydaje nieraz po kilka tysięcy zł na remont i sprowadza różnych „znachorów" w postaci sędziwych i siwowłosych mechaników „jeszcze przedwojenni", zamiast udać się do lekarza, tj. inżyniera z indikatorem, który po zbadaniu maszyny orzekłby, czy i jaki remont maszynie jest potrzebny, a po remoncie stwierdziłby, czy remont został należycie wykonany. A bardzo często zdarza się, że remont nic nie pomaga, bo właściwie nie jest potrzebny, a należy tylko wyregulować rozrząd pary, co może wykazać tylko indikator. Pisząc powyższe słowa, mamy na myśli szczególnie Kresy, gdzie większość maszyn pracuje bez dostatecznego nadzoru, i dokąd najelementarniejsze nawet zasady postępu i techniki jeszcze nie dotarły. Poniżej przytaczamy kilka przypadków indikowania maszyn parowych o różnym rozrządzie pary.



Rys. 1



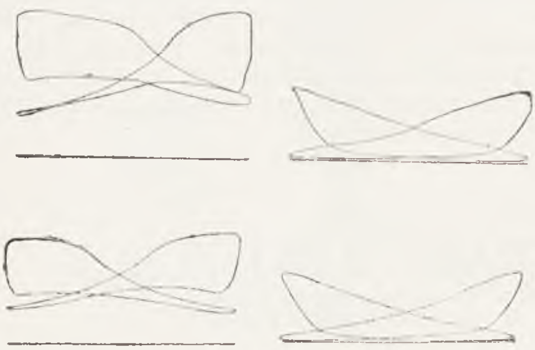
Rys. 2

Uwaga: przy porównywaniu wykresów, należy mieć na uwadze, że zdejmowane są różnemi sprężynami.

Rys. 1 przedstawia wykresy indikatorowe maszyny parowej dwustopniowej tandem z przelotnią, ze stawidłem wentylowem i regulatorem osiowym syst. Proella, z regulacją wentyli dolotowych cyl. wysoko-prężnego. Na pierwszy rzut oka widać tu nierówne napełnienia i nierówny rozkład pracy po obu stronach cyl., znacznie spóźniony wlot pary w cyl. wys. prężnym, opóźnienie wszystkich punktów rozrządu, oraz spóźnione wyloty i dławienie wlotu pary w cyl. nis. prężnym. Przez zmianę długości trzpieni wentyli dolotowych uzyskano poprawę wielu powyższych wad. Otrzymane wykresy (rys. 2) nie są jeszcze doskonałe, lecz przyczyną niemożności zupełnego wyregulowania stawideł były wyrobione krzywki i rolki sterujące. Niemniej indikowanie dało w tym wypadku bardzo dużo, bo poprawę wielu p-któw rozrządu pary, wyrównanie pracy obu stron cyl. oraz stwierdzono, że zupełne wyre-

gulowanie stawideł wymaga wpierw zamiany wyrobionych części.

Rys. 3 przedstawia wykres maszyny parowej dwustopniowej compound ze stawidłem suwakowem płaskiem syst. Ridera z regulatorem pionowym. Maszyna ta była poprzednio remontowana i celem indikowania było stwierdzenie, czy po remoncie dobrze ustawiono rozrząd pary. Na rys. 3. widzimy nierówne napełnienia po obu stronach cyl. wys. prężn. Mechanik montujący suwak nie wiedział, że



Rys. 3. i 4.

symetryczne nastawienie suwaka nie da równych napełnień, gdyż tak byłoby tylko w wypadku nieskończenie długich korbowodów i drążka suwakowego, zaś dla rzeczywistych długości korbowodu (zwykle pięciokrotna długość korby) i drążka suwakowego—napełnienie i kompresja będą większe a wylot przedzwrotowy mniejszy po stronie odkorb. aniżeli po stronie kukorb. Częściowe wyrównanie powyższych odchyleń otrzymujemy przez przesunięcie suwaka z jego położenia środkowego w stronę odkorbową. Przesunięcie to nie może być za duże, gdyż wtedy otrzymalibyśmy nie równe wloty przedwzrotowe, oraz dławienie pary dolotowej po stronie odkorbowej, gdyż suwak nie otwierałby całkowicie kanału dolotowego po tej stronie. Jeżeli suwak posiada wlot wewnętrzny, wówczas następuje częściowe wyrównanie powyższych nierówności rozrządu samoczynnie. Wykres na rys. 4 przedstawia wyrównane napełnienia, a przez to i prace obu stron cylindra.

Na rys. 5 mamy wykresy maszyny parowej również dwustopniowej compound ze stawidłem suwakowem expansyjnem syst. Meyera, z regulatorem pionowym. Jak poprzednio, widzimy tam nierówne napełnienia, ponadto za wielkie kompresje i nieco za wczesne wyloty przedzwrotowe w cyl. nis. prężnym i po str.



Rys. 5

kukorbowej cyl. wys. prężn. Po wyregulowaniu otrzymano nieco większą moc maszyny przy tem samem zużyciu pary, a tem samem oszczędność na opale.

Jak wspomniano na początku przyczyną wadliwej pracy maszyny może być źle nastawiony rozrząd pary i mechaniczne defekty maszyny, jak wyrobienie cylindra, nieszczelność pierścieni tłokowych, nieszczelność stawideł t. j. suwaków lub wentyli, wreszcie wyrobienie organów sterujących, jak krzywki, rolki, czopy i inne. W tym ostatnim wypadku należy wpierw, zanim przystąpimy do wyregulowania rozrządu pary, doprowadzić do należytego stanu wszystkie części sterujące i usunąć braki widoczne. Nieprawidłowości zaś dobrze zdjętego wykresu indikatorem, wskażą nam wszystkie inne przyczyny wad w pracy maszyny, pochodzące, czy to od złego nastawienia stawideł, czy też od defektów niewidocznych.

St. B. inż.

ZE ZJAZDÓW.

Zjazd elektrotechniczny.

Otwarcie Zjazdu połączonego z Walnemi Zgromadzeniami Stowarzyszenia Elektryków Polskich i Elektrotechnicznego Związku Czechosłowackiego nastąpiło dn. 11 czerwca w obecności Pana Prezydenta Rzeczypospolitej, Honorowego Członka S. E. P., przedstawicieli władz polskich i czechosłowackich, licznego grona profesorów uczelni technicznych, przedstawicieli świata przemysłowego oraz powyżej 1100 członków Zjazdu, w murach zawsze gościnnej Politechniki Warszawskiej.

W tymże dniu nastąpiło otwarcie przez Pana Prezydenta Rzeczypospolitej w hallu gmachu głównego Politechniki Warszawskiej wystawy elektrotechnicznej, której poświęcimy osobną notatkę.

Prace zjazdowe trwały dwa dni, przytem godziny poranne były poświęcone pracom w sekcjach, poobiednie — wycieczkom technicznym. Na zakończenie Zjazdu odbyto wspólną wycieczkę przez Łódź i Łowicz do Gródka Pomorskiego (największa elektrownia wodna w Polsce) i Gdyni.

Czas, przeznaczony zazwyczaj na wygłaszanie skróconych referatów, poświęcono obecnie na wymianę zdań w ustnej dyskusji, natomiast same referaty zostały obszernie opracowane, wydrukowane i na miesiąc przed zjazdem rozesłane uczestnikom Zjazdu. Osiągnięto w ten sposób szereg bezsprzecznych korzyści. Powstała bowiem możliwość spokojnego przestudjowania referatów przed Zjazdem, co stworzyło warunki dla przygotowania się do dyskusji, która

zapoczątkowywana przez generalnych referentów lub autorów, dała w rezultacie ciekawą wymianę myśli.

Ponieważ czas pracy Zjazdu zużytkowany został na dyskusje, przeto przy organizowaniu sekcyj referatowych, położono specjalny nacisk na to, by referaty sekcji posiadały pewną łączność tematów, oraz by można było dyskutować łącznie na podstawie kilku referatów.

Zwrócono również uwagę na zorganizowanie sekcji inżynierów ruchu, a to wychodząc z założenia, iż inżynierowie ci, tworząc liczną grupę techników, mniej znaną szerszemu ogółowi, posiadają poważne doświadczenie, mogą więc dostarczyć do dyskusji dużo nowych tematów i poruszyć szereg niezmiernie ciekawych zagadnień ruchowych.

W tym celu zostały przygotowane do dyskusji tematy, obejmujące zagadnienia ruchu w siłowniach elektrycznych, a między innemi:

1. Jakie trudności sprawia w ruchu elektrowni jednoczesne stosowanie w kotłowni dwu różnych ciśnień pary, zwłaszcza w razie nagłych zakłóceń ruchu.
2. Metody ustalania sprawności poszczególnych części zespołu turbinowego przy dostawie turbiny i prądnicy przez różne firmy.
3. Najpraktyczniejsze sposoby usuwania popiołu i sadzy z dymu.
4 Jakie są możliwe oszczędności w ruchu elektrowni i sieci w związku z ogólnem dążeniem do obniżenia cen za energję elektryczną.

Zgłoszono na zjazd ogółem 72 referaty z czego polskich 49 i czechosłowackich 23. Przeważna część tych referatów została, jak wspomniałem wyżej, ogłoszona drukiem i im tu poświęcimy parę słów.

W związku ze Zjazdem ukazał się *Przegląd Elektrotechniczny* organ S. E. P. w znacznie zwiększonych rozmiarach, gdyż zeszyt Nr. 10 z dn. 15 maja zawiera 205 + LII stron, a zeszyt Nr. 12 z dn. 11 czerwca 167 + XLIV stron druku. Ponadto S. E. P. wydało specjalną księgę pod tytułem *Elektrotechnika w Polsce* z 41 artykułami wybitnych specjalistów, napisaną w języku czeskim i przeznaczoną dla zaznajomienia elektryków czechosłowackich z rozwojem i stanem obecnym elektrotechniki w Polsce.

Numer 10 *Przeglądu Elektrotechnicznego* zawiera część referatów polskich. Są to tematy, interesujące nietylko elektryków lecz i innych techników, interesujących się sprawą postępu elektrotechniki i związanego z nią rozwoju nowoczesnych tendencyj i zagadnień technicznych i gospodarczych.

Z pośród licznych referatów streścimy pokrótce niektóre, ciekawsze dla ogółu czytelników.

Referat 1. Automatyzacja kotłowni. Inż. P. Sławiński.

Autor referatu, inżynier elektrowni Okręgu Warszawskiego, podał opis urządzenia całkowicie automatyzującego ruch kotłowni, składającej się z 4 kotłów wodnorurkowych sekcyjnych systemu Babkock — Wilcox, po 400 m^2 o wydajności 12 t/h, oraz 2 kotłów jak wyżej lecz o powierzchni 431 m^2 i wydajności 13 t/h. Elektrownia Okręgu Warszawskiego posiada wybitnie niekorzystne warunki pracy wskutek znacznych wahań obciążenia elektrycznego, dochodzących do 90% obciążenia elektrowni

Tak znaczne wahania obciążenia, pomimo stałej kontroli obsługi kotłów, stwarzały szereg trudności ruchowych, nie mówiąc już o zwykłych stratach, powstałych wskutek nagłych zmian ciśnienia pary.

Powyższe względy skłoniły E. O. W. do zainstalowania urządzenia, całkowicie automatyzującego ruch kotłowni, a składającego się z urządzeń do:

1. regulacji ilości doprowadzanego do palenisk węgla przez zmianę szybkości posuwu rusztów, dzięki zmianie ilości obrotów silników, napędzających ruszty.
2. regulacji ciągu dla poszczególnych kotłów przez przesuwanie zasłon w kanałach dymowych.
3. regulacji ilości powietrza, doprowadzanego do palenisk, przez przestawianie zasłon powietrznych przed paleniskami lub w kanałach poddmuchowych.
4. regulacji poziomu wody w kotłach.

E. O. W. postawiła następujące warunki, którym, zresztą, powinno odpowiadać każde urządzenie samoczynne:

a) Najwyższa czułość na najmniejsze zmiany stanu normalnego.
b) Największa szybkość w przywracaniu stanu normalnego, o przebiegu aperjodycznym.
c) Największa pewność w pracy i niewrażliwość na różnego rodzaju przeszkody i uszkodzenia.
d) Możność łatwej i szybkiej zmiany regulacji ręcznej na automatyczną i odwrotnie.

E. O. W. przeprowadziła dokładne studja trzech systemów regulacyjnych i wybrała z nich firmy **„Arca — Regler — Berlin“**, z niektóremi urządzeniami systemu **„Copes**[1]“.

Należy nadmienić, iż całe urządzenie miało być spłacone wyłącznie z oszczędności, osiągniętych przez elektrownię dzięki automatyzacji. Instalacja po szeregu prób została oddana w roku 1931 do ruchu i do dnia dzisiejszego żadnego poważniejszego zawodu nie zrobiła.

Osiągnięto następujące korzyści:

a) Zdolność utrzymywania ciśnienia w granicach zmienności około $\pm$ 0,1 do 0,2 *atn* (przy ręcznej regulacji $\pm$ 1 *atn*).
b) Osiągnięcie średniej 4% oszczędności na węglu.
c) Poprawienie pracy kotłów przez lepsze spalanie:
najniższa zawartość CO_2 do 9 do 10%
(przy ręcznej regulacji — 6%).

Automatyzacja kotłowni bynajmniej nie wpłynęła na zredukowanie obsługi kotłów, lecz jedynie umożliwiła wzmożenie starannej obserwacji spalania i ruchu kotłów.

Autor referatu jest zdania, iż automatyzacja opłaca się już wówczas, gdy dzięki niej osiąga się sprawność urządzenia, uzyskiwaną przy najdokładniejszej regulacji ręcznej.

Referat 2. Kontrola ruchu nowoczesnej kotłowni.

Autor referatu, inż. K. Bendarzewski, opierając się na wynikach swych prac, prowadzonych przedew-

[1]) Patrz szczegółowe opisy:
Inż. A. Heinig w „Brennstoff—und—Wärmewirtschaft 1932, zeszyt 1, „Leistungsregelung in einem „Eletkrizitätswerk“.

szystkiem w wysokoprężnej kotłowni nowej centrali Elektrowni Łódzkiej, stwierdza, iż kontrola gospodarki cieplnej elektrowniześrodkowuje się zasadniczo w kotłowni. Autor dzieli ją na cztery działy:

I. Węgiel.

Odbiór, magazynowanie, kontrola ilościowa i jakościowa.

II. Woda. Przygotowanie i stała jej kontrola.

III. Spalanie węgla pod kotłami, paleniska, przyrządy pomiarowe, żużel, popiół.

IV. Bilans cieplny kotłowni.

Przy rozpatrywaniu wyboru gatunku węgla autor dochodzi do wniosku, iż przy zakupie węgla decyduje przedewszystkiem kalkulacja ceny jednostki wyprodukowanej pary, nie zaś cena węgla, gdyż, jak okazało się, nie zawsze wysokokaloryczny węgiel dzięki swym własnościom okazuje się w pewnych warunkach ekonomicznym przy spalaniu. Wynika z powyższego, iż dla każdej instalacji węgiel powinien być dobrany na podstawie analizy warunków pracy i spalania [1]).

Na temat wody zasilającej kotły powstała już cała literatura fachowa. Coprawda zagadnienie wody interesuje zaledwie nieliczne grono specjalistów, jednak nie szczędzą oni pracy by zainteresować ogół techników sprawą gospodarki wodnej [2]).

Prace nad otrzymaniem dobrej wody sprowadzają się w pierwszym rzędzie do jej zmiękczania, przez odpowiednie preparowanie a następnie odgazowywanie i odpowietrzanie. Dawniejsze pojęcie o dobrej wodzie, mającej dostatecznie niską twardość, dziś jest już niewystarczające, gdyż wyłoniła się sprawa korozji, zjawiska natury elektrochemicznej, dokładnie jeszcze nie zbadanego.

Obecność gazów i powietrza w wodzie wpływa niszcząco na materjał kotłowy. Już zawartość tlenu w wodzie zasilającej w ilościach wyższych od 0,05 *mg/l*, może w prędkim czasie zniszczyć blachę kotła. Wobec powyższego stała kontrola wody podczas ruchu kotłów jest nieodzowną.

Prawidłowy przebieg procesów spalania w kotłach jest kardynalną podstawą pewności ruchu siłowni oraz najekonomiczniejszej pracy kotłowni.

Do najważniejszych przyrządów kontrolnych wskaźnikowych, służących do bieżącej kontroli pracy kotła, należą mierniki: temperatury, ilości wyprodukowanej pary i wody zasilającej, procentowej zawartości gazów CO_2 i $CO + H_2$ w spalinach, prężności pary w kotle lub przewodach, ciągu w kanałach dymowych, gęstości dymu.

Autor referatu porusza również sprawę automatyzacji kotłowni. Nie będąc entuzjastą w tym kierunku, stwierdza pomimo to, iż, nie zważając na szereg trudności natury technicznej, powoli lecz stale zdobywa ona sobie miejsce w kotłowni. W tak dużej elektrowni jak łódzka, kontrola gospodarki cieplnej kotłowni nie ogranicza się na zbieraniu notowań przyrządów samopiszących oraz obsługi, lecz jest doprowadzana do końca, do całkowitego zestawienia bilansu cieplnego z każdej doby. Miesięczne bilanse dają przejrzysty i ciekawy obraz pracy nowoczesnej siłowni.

Referat 3. Ulepszanie wody kotłowej. Inż. St. Odrzywolski.

Referent omawia w ogólnych ramach sposoby zmiękczania wody zasilającej oraz jej kontrolę w ruchu. Zasadniczo istnieją cztery systemy zmiękczania: chemiczny, wymiany zasad, cieplno-chemiczny, destylacyjny.

System chemiczny polega na zmiękczaniu wody w zbiornikach reakcyjnych przy pomocy odpowiednich środków chemicznych. System ten udoskonalono tak dalece, iż istnieją już samoczynne przyrządy do zmiękczania wody sprowadzające jej twadrość do 0,5—1° niem.

System wymiany zasad polega na przepuszczaniu wody przez masę z krzemianów glinowo - sodowych przyczem tworniki twardości, dzięki reakcjom chemicznym, pozostają w masie filtracyjnej, natomiast do kotła dostają się łatwo rozpuszczalne i nieszkodliwe sole.

W systemie cieplno-chemicznym, stosowanym przez firmę Balcke, woda jest podgrzewana w odpowiednim zbiorniku, dzięki czemu dwuwęglany, zawarte w wodzie, zamieniają się na węglany i osiadają w zbiornikach w postaci kamienia i szlamu. Otrzymana tą metodą woda jest praktycznie wolna od gazów i posiada twardość 0,3 — 0,5° niem.

Czwarty wreszcie system — destylacyjny polega na destylacji wody. Przy dobrych aparatach można osiągnąć twardość wody do 0,1° niem.

Nie mniejszej wagi jest zagadnienie odgazowywania wody. Przeprowadzone w tym kierunku doświadczenia wykazały, że już obecność 0,02 *mg/l* tlenu w wodzie może wywołać uszkodzenie blach kotłowych. Pomiary w szeregu kotłowni w Polsce stwierdziły obecność tlenu w wodzie w ilości 2 — 3 *mg/l.*

Istnieją trzy systemy odgazowywania wody:

1. System cieplny, przy którym odgazowywuje się wodę podczas jej wrzenia.
2. System mechaniczny, w którym gazy są z wody wypompowywane.
3. System chemiczny, gdzie gazy są neutralizowane siarczynem sodu.

Co się tyczy kontroli wody to należy podczas ruchu kotłowni sprawdzać wodę surową na twardość węglanową i twardość ogólną, wodę zmiękczoną — na alkaliczność i twardość, wodę z kotła — na twardość, gęstość i alkaliczność.

Przytoczyłem streszczenie rzech referatów z sekcji I (Zagadnienia ruchu i ogólnej elektryfikacji). Szczegóły znajdą czytelnicy w *Przeglądzie Elektrotechnicznym* Nr. 10.

Z pośród ciekawych referatów innych sekcyj, mogących zainteresować czytelników, należy wymienić krótką lecz treściwą rozprawkę kierownika Biura Elektryfikacji M. P. i H. inż. K. Siwickiego — „O wskaźniku elektrycznym produkcji przemysłowej".

Zagadnienia ekonomiczne zajmują nietylko zawodowych ekonomistów, lecz również i techników. Pod-

---

[1]) Należy nadmienić, iż Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie posiada dwa laboratorja, węglowe i wodne, zaopatrzone w nowoczesne przyrządy do analiz, i prowadzące naukowe badania.

[2]) Patrz artykuł w *Przeglądzie Technicznym* 1933 r. Nr. 11. Inż. W. Rosner, Lwów: „Trudności w ruchu siłowni, spowodowane przez wodę", oraz Sprawozdanie Dozoru Kotłów w Warszawie 1928 r.

Inż. W. Rosner: „Woda do zasilania kotłów parowych".

czas gdy pierwsi mają już ustalone metody analizy szeregu zagadnień ekonomicznych, drudzy szukają nowych dróg dla zobrazowania sytuacji gospodarczej kraju przy pomocy specjalnych wskaźników. Studja w tym kierunku wykryły pewną zależność pomiędzy zużyciem energji elektrycznej a stanem aktywności ekonomicznej kraju. W ten sposób obok szeregu wskaźników ekonomicznych powstał wskaźnik elektryczny.

Coprawda prawie każdy kraj opiera jednostkę wskaźnika na innej wielkości, w rezultacie jednak otrzymywane są prawie te same wyniki.

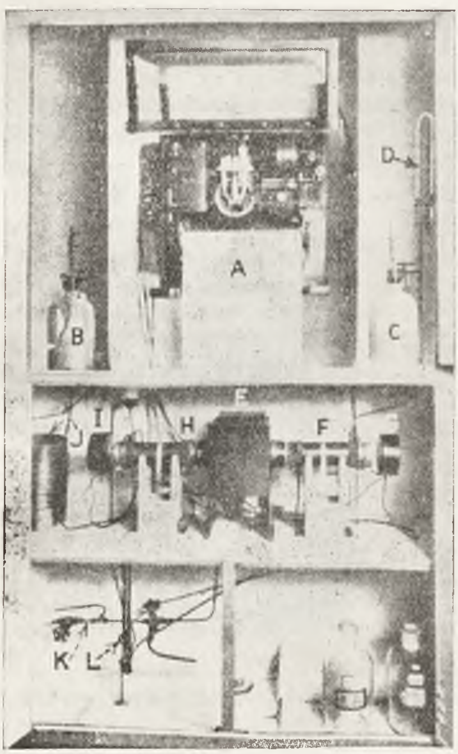
Zbliżenie pomiędzy elektrykami czechosłowackimi i polskimi, dzięki tegorocznemu zjazdowi, zapoczątkowane zresztą jeszcze przez zgasłego prof. St. Odrowąż-Wysockiego, stworzyć powinno platformę na której wspólnie i skutecznie będą mogły oba Stowarzyszenia rozwinąć prace nad przepisami i normami elektrotechnicznemi oraz nad wymianą doświadczeń technicznych.

K. W.

KRONIKA TECHNICZNA

I. Samopiszący analizator tlenu.

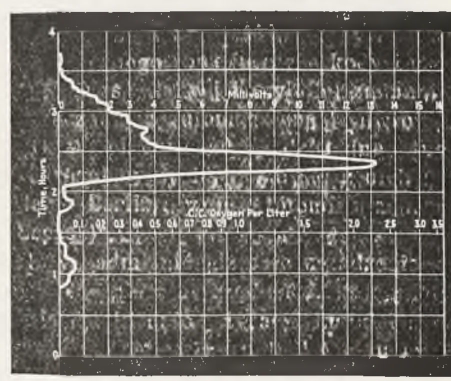
W elektrowni Seal Beach Station (Los Angeles) zainstalowano samopiszący analizator tlenu zawartego w wodzie zasilającej kotły, oparty na zasadzie absorbcji światła.



Rys. 1

Źródło światła *F* rzuca promienie w lewo i prawo. Lewy promień przechodzi przez probówkę *H* zawierającą wodę bez odczynnika. Światło nieabsorbowane pada na baterję termoelentów *I* powodując wzrost napięcia. Podobnie promień prawy przechodzi przez probówkę *F* zawierającą wodę z odczynnikiem. Światło nieabsorbowane pada na baterję termoelementów *G*. Potencjometr *A* wskazuje różnicę potencjałów pomiędzy *I* i *G* która wzrasta wraz ze wzrostem rozpuszczonego tlenu w wodzie. *B* i *C* zawierają odczynnik. *D* wskaźnik przepływu. *J* zwoje rurki miedzianej hamującej przepływ wody i mieszającej odczynik.

Aparat składa się: z dwu probówek wody, (jedna z wodą z odczynnikiem), źródła światła między niemi, dwu urządzeń światłoczułych i samopiszącego potencjometru. Urządzeniem światłoczułem może być baterja termoelementów lub komórka fotoelektryczna.



Rys. 2

Zastosowanie metody kompensacji czyni to urządzenie niezależnem od natężenia źródła światła oraz burzliwości przepływu wody. Odczynniki są tanie i łatwo dostępne, ilość wody pobierana z rurociągów mała.

Posiadanie wykresów zawartości tlenu pozwoliło usuwać dokładnie gaz ten z wody zasilającej za wyjątkiem momentów ruszania zespołów turbinowych, jak również zapoczątkowało zmiany co do miejsc pobierania wody do badania.

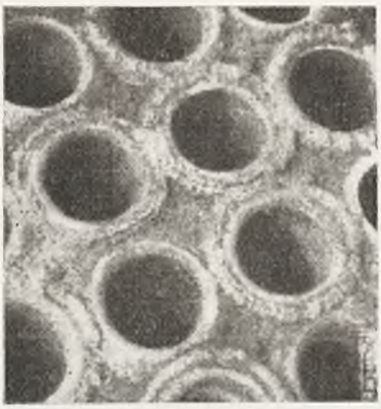
Podany wyżej wykres (rys. 2) daje nam dowód wysokiej koncentracji tlenu w wodzie zasilającej w chwili ruszania turbozespołu przed ustaleniem się normalnej próżni w kondensatorze.

Aparat jest b. czuły na chwilowe zawartości tlenu w wodzie (0,01 cm^3 w litrze) oraz daje dokładność znaczenie przewyższającą potrzeby praktyki.

Br.

2. Szczególny sposób naprawy pionowego kotła (płomieniówkowego) [1]).

W pionowym kotle płomieniówkowym, pracującym na pogłębiarce rzecznej, zauważono znaczne przeciekanie wody do paleniska przez dolne dno sitowe. Przyczyną były nieszczelności w miejscach rozwalcowania płomieniówek, powstałe wskutek zbyt intensywnego działania płomienia. Końce rurek wyoblono i spojono z dnem sitowem, by uzyskać niezbędną szczelność. Wkrótce po uruchomieniu zremontowanego w ten sposób kotła pojawiły się rysy w miejscach spoin, i kocioł zaczął ponownie przeciekać.



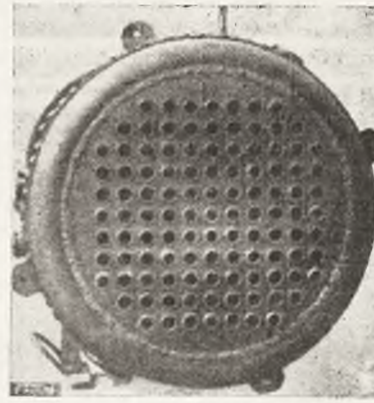
Rys. 1. Rysy w spoinach.

Remont uskuteczniono w sposób następujący. Po usunięciu starych płomieniówek z górnego dna sitowego wycięto krążek o ⌀ 950 *mm*, i na to miejsce wstawiono nowe dno. Rozwiercono w dolnem dnie otwory, co dało się uskutecznić dzięki temu, że mostki pomiędzy otworami na rury były o 6 *mm* szersze, jak w dnie górnem.

Brzeg wstawianego górnego dna ścięto i spojono na styk z wyoblonym kręgiem poprzedniego dna.

[1]) Por. art. w „*Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen*" 1933, Nr. 5.

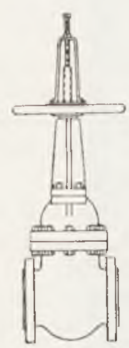
Po wykończeniu den wstawiono rurki i zawalcowano je.



Rys. 2. Górne dno sitowe po remoncie.

Kocioł podczas próby wodnej, jak i w pracy, nie wykazał żadnych nieszczelności. *I. G.*

3. Praktyczny sposób ograniczenia posuwu zasuw parowych [1]).



Rys. 1

W każdej prawie instalacji kotłowej znajdują się zasuwy, które należy otwierać tylko do pewnej wysokości. Przyjęto określać jako miarę otwarcia liczbę obrotów kółka ręcznego, uruchamiającego wrzeciono zasuwy. Sposób ten jest bardzo kłopotliwy zwłaszcza w dużych instalacjach. W omawianym wypadku sprawę rozwiązano, montując na kółku ręcznem żelazne chomąto, zaopatrzone w śrubę nastawczą (rys. 1).

Śruba nastawcza określa granicę posuwu wrzeciona stosownie do żądanego stopnia otwarcia zasuwy.

I. G.

[1]) Por. art. w „*Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen*", 1933, Nr. 6.